

الفعالية التثبيطية للجزئيات النانوية الفضية المنتجة من الأكتينومييسيتات ضد بعض الأنواع البكتيرية الممرضة

هناء عمر صافار، سهيلة رمضان الصيد، مُجد عبد السميع المقصي، مروة الصادق الوش، نجاة حسين الأطرش

قسم الأحياء، كلية العلوم، جامعة مصراتة، مصراتة، ليبيا

h.safar@sci.misuratau.edu.ly*

الملخص:

هدفت هذه الدراسة إلى عزل الأكتينومييسيتات من تربة المنطقة الصناعية قصر أحمد بمدينة مصراتة لاختبار قدرتها على إنتاج الجزئيات النانوية الفضية وتحديد فعاليتها التثبيطية ضد أنواع من البكتيريا المختبرة الموجبة والسالبة لصبغة جرام، تم عزل 4 عزلات نقية من الأكتينومييسيتات من عينات التربة، أظهرت عزلتين (*Streptomyces sp. Act3*) و (*Nocardia sp. Act4*) قدرتهما على إنتاج الجزئيات النانوية الفضية والتي تم الكشف عنها عن طريق تغير لون راسح الكتلة الحيوية من اللون الأصفر الشاحب إلى اللون البني بعد إضافة نترات الفضة (بتركيز 1mM) إلى الراشح، أيضا حدد طيف امتصاص الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمحلول الجزئيات النانوية الفضية كخطوة لتأكيد تكوين الجزئيات النانوية الفضية وتبين أنها تقع على طول موجي 439 نانومتر للعزلة *Streptomyces sp. Act3* و 436 نانومتر للعزلة *Nocardia sp. Act4*، بينت نتائج الفعالية التثبيطية للجزئيات النانوية الفضية باستخدام طريقة انتشار الحفر أن الجزئيات النانوية الفضية المنتجة من جنس *Streptomyces sp. Act3* كانت ذات فعالية تثبيطية ضد كل من البكتيريا المختبرة فعند تركيز 100% بلغ قطر منطقة التثبيط ضد *Escherichia coli*، *Klebsiella sp.* و *Staphylococcus aureus* 11، 11، 12 ملم على التوالي، أما بالنسبة لجنس *Nocardia sp. Act4* فعند نفس التركيز بلغ قطر منطقة التثبيط ضد *E. coli* و *Staph. aureus* 8، 10 ملم على التوالي، أما ضد *Klebsiella sp.* فلم تعطي أي فعالية تثبيطية.

الكلمات المفتاحية:

الأكتينومييسيتات، الجزئيات النانوية الفضية، الفعالية التثبيطية.

The inhibitory efficacy of silver nanoparticles produced from actinomycetes against certain types of pathogenic bacteria

Hanna O. Safar, Suhila R. El-Said, Mohamed A. Almiqasbi, Marwa E. Elwash, Najat H. Alatresh

Biology Department, Faculty of Sciences, Misurata University, Misurata, Libya

Abstract:

This study aimed to isolate actinomycetes from the soil of the industrial zone of Qasr Ahmed in the city of Misurata to test their ability to produce silver nanoparticles and determine their inhibitory efficacy against positive and negative tested bacteria of gram stain. 4 pure isolates of actinomycetes were isolated from soil samples. Two isolates showed (*Streptomyces* sp. Act3 and *Nocardia* sp. Act4) their ability to produce silver nanoparticles that were detected by changing the color from pale yellow to brown after adding 1mM silver nitrate to the biomass filtrate, also determined the UV and visible UV absorption spectrum of the silver nanoparticles solution as a step to confirm the formation of silver nanoparticles and they are found along a 439 nm wavelength of the *Streptomyces* sp. Act3 and 436 nm for *Nocardia* sp. Act4, results of the inhibitory efficacy of silver nanoparticles using the method of disk diffusion showed that silver nanoparticles produced from the genus *Streptomyces* sp. Act3 was inhibiting activity against the tested bacteria at a concentration of 100%, the diameter of the inhibition region against *Escherichiacoli*, *Klebsiella* sp. and *Staphylococcus aureus* 12, 11, 11 mm respectively, as for the genus *Nocardia* sp. Act4 at the same concentration, the diameter of the inhibition zone was reached against *E. coli* and *Staph. aureus* 10, 8 mm straight, versus *Klebsiella* sp. It did not give any inhibiting activity.

Key words:

Actinomycetes, Silver nanoparticles, Inhibitory efficacy.

المقدمة:

تقنية النانو من العلوم الحديثة التي تبحث في تصنيع وتطوير جزيئات نانوية بأحجام تتراوح بين 10-100 نانومتر، لأنواع مختلفة من المعادن كالذهب، الفضة، الزنك وغيرها، وتطبيقاتها الواسعة في مختلف المجالات (Abd-Elnaby *et al.*, 2016)، اكتسبت هذه التقنية أهمية كبيرة في عدة مجالات كالطب، الأدوية، البيئة، الصناعات الغذائية، الأجهزة الإلكترونية والبصريات (Khandel and Shahi, 2018)، إذ أظهرت الجزيئات النانوية خصائص مميزة بالاعتماد على الشكل المظهري، الحجم والتركيب الكيميائي (Naveen *et al.*, 2010). من بين المواد النانوية المعدنية حظيت الجزيئات النانوية الفضية باهتمام كبير بسبب خصائصها الفيزيائية والكيميائية المعروفة بتأثيرها المثبط للميكروبات (Abdeen *et al.*, 2014)، مما أدى إلى زيادة اهتمام الباحثين بهذه الجزيئات وخصوصا مع ازدياد مقاومة الميكروبات للمضادات الحيوية المتاحة (Khandel and Shahi, 2018). يمكن الحصول على الجزيئات النانوية بالطرق الفيزيائية والكيميائية، لكنها تعتبر طرق مكلفة وذات آثار سامة على البيئة (Okafor *et al.*, 2013)، لهذا فهناك حاجة متزايدة لتطوير طرق بديلة صديقة للبيئة ومنخفضة التكلفة لتصنيع هذه الجزيئات بدون استخدام الكيماويات السامة في خطوات الإنتاج والتي تم تحقيقها باللجوء لطرق الحيوية (Kamel *et al.*, 2016). هناك العديد من الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا، الأكتينوميستات، الفطريات والطحالب بالإضافة إلى المستخلصات النباتية تم استخدامها كبداية لإنتاج الجزيئات النانوية (Okafor *et al.*, 2013).

الأكتينوميستات هي كائنات حية دقيقة تشترك في صفاتها مع الفطريات والبكتيريا، تتواجد بكثرة في التربة، ومقارنة بالكائنات الحية الدقيقة الأخرى تتنوع الأكتينوميستات من الناحية الفسيولوجية فهي مصدر مهم للعديد من الإنزيمات والنواتج الأيضية الثانوية كالمضادات الحيوية (Lima and Phadke, 2017)، فحوالي 80% من المضادات الحيوية المتاحة صناعيا هي مضادات مصدرها الأكتينوميستات وتحديدًا جنس *Streptomyces* (Silva-Vinhote *et al.*, 2017)، في الآونة الأخيرة تم اعتبارها أيضا كمصدر مهم لإنتاج الجزيئات النانوية المعدنية وتحديدًا الفضية، التي تمتلك نشاط مبيد بيولوجي مهم ضد مسببات الأمراض المختلفة (Lima and Phadke, 2017)، حيث أشارت دراسات عديدة إلى أهمية استخدام الجزيئات النانوية الفضية المنتجة من جنس *Streptomyces* في تثبيط العديد من الممرضات البكتيرية، كدراسة (Al-Dhabi *et al.*,

(2018) التي بينت أن الجزيئات النانوية الفضية المنتجة من العزلة -Al *Streptomyces* sp. كانت ذات فعالية تضادية ضد العديد من الممرضات البكتيرية الموجبة لصبغة جرام Dhab-87 (*Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* والسالبة لصبغة جرام *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*)، أيضا أظهرت دراسة (عبود وآخرون، 2017) أن محلول الجزيئات النانوية الفضية لبكتيريا *Streptomyces parvulus* كانت ذات تأثير تثبيطي واضح ضد كل من البكتيريا *E. coli* و *Proteus mirabilis* ذات المقاومة المتعددة للمضادات الحيوية، مما يوضح أهمية هذه الجزيئات كعلاج فعال ضد العديد من الأمراض، عليه ونظراً لأهمية الأكتينومييسيتات كمنتجات للجزيئات النانوية، أجريت هذه الدراسة لعزل الأكتينومييسيتات من تربة المنطقة الصناعية قصر أحمد بمدينة مصراتة لاختبار قدرتها على إنتاج الجزيئات النانوية الفضية، بالإضافة إلى دراسة الفعالية التثبيطية لهذه الجزيئات النانوية ضد بعض الأنواع البكتيرية الممرضة.

المواد وطرق العمل:

جمع عينات التربة وعزل الأكتينومييسيتات

جمعت عينات من تربة المنطقة الصناعية قصر أحمد بمدينة مصراتة وأخذت بعمق تراوح ما بين 10-15 سم من سطح التربة، وضعت العينات في أكياس من النايلون النظيف ثم نقلت إلى معمل الأحياء الدقيقة بالكلية العلوم-جامعة مصراتة، تمت غربلتها للتخلص من الحصى والشوائب العالقة بها، ثم جففت عند درجة حرارة الغرفة، بعدها حفظت في أكياس نايلون نظيفة جديدة لحين استعمالها، تم وزن 1 جم من كل عينة تربة، ثم وضعت في أنابيب تحتوي كل منها 9 مل ماء مقطر معقم، بعد ذلك حضرت سلسلة من التخفيفات العشرية إلى 10^{-4} لكل معلق تربة، ثم تم نقل 1 مل من كل تخفيف إلى سطح أطباق بتري تحتوي على وسط أجار النشأ والكازين (3 مكررات لكل تخفيف) تم نشرها أو توزيعها على سطح الوسط باستخدام ساق زجاجي معقم على شكل حرف L، ثم حضنت الأطباق عند درجة حرارة 28⁰ م لمدة 7 أيام إلى حين نمو مستعمرات الأكتينومييسيتات (Rai et al., 2018). تم نقل كل مستعمرة من الأكتينومييسيتات باستخدام إبرة التلقيح ذات العقدة المعقمة إلى أطباق بتري تحتوي على نفس الوسط الذي عزلت عليه لغرض تنقيتها باستخدام طريقة التخطيط (Saadoun et al., 2017).

تشخيص عزلات الأكتينومييسيتات

شخصت عزلات الأكتينومييسيتات اعتماداً على الصفات المزرعية (لون الميسيليوم الهوائي، لون الميسيليوم الخضري وإنتاج الأصباغ الذائبة) على وسط أجار النشأ والكازين وكذلك على أساس شكلها المظهري باستخدام تقنية مزرعة غطاء الشريحة المائية (Holt *et al.*, 1994).

تحضير الكتلة الحيوية لعزلات الأكتينومييسيتات وتكوين الجزيئات النانوية الفضية

حضرت الكتلة الحيوية عن طريق أخذ قرص من المستعمرات النقية للأكتينومييسيتات النامية على وسط أجار النشأ والكازين باستخدام ثاقب فلبني بحجم 7 ملم ووضعها في دورق يحتوي على 100 مل من وسط النشأ والكازين السائل وحضنت عند درجة حرارة 28⁰ م لمدة 7 أيام، بعد تكون الكتلة الحيوية رشحت باستخدام ورقة ترشيح معقمة وغسلت بالماء المقطر المعقم لإزالة بقايا الوسط، ثم تم وزن 10 جم من الكتلة الحيوية ووضعها في دورق مخروطي يحتوي على 100 مل ماء مقطر معقم وحضنت لمدة 72 ساعة، بعد ذلك رشحت الكتلة الحيوية مرة أخرى باستخدام ورقة الترشيح المعقم وتم خلط 50 مل من محلول نترات الفضة (AgNO₃) المحضر بتركيز 1mM مع 50 مل من الراشح في دورق زجاجي ووضعت في الحاضنة في ظروف مظلمة لمدة 72 ساعة مع الشاهد والذي كان عبارة عن دورقان إحداهما يحتوي على نترات الفضة فقط والآخر يحتوي على راشح الكتلة الحيوية حدوث تغير لوني في الراشح المضاف إليه نترات الفضة إلى اللون البني يعتبر دليل على تكون الجزيئات النانوية الفضية (عبود وآخرون، 2017)؛ Selvakumar *et al.*, 2012. بعد ذلك تم فحص تكون الجزيئات النانوية الفضية باستخدام جهاز قياس طيف الأشعة فوق البنفسجة- المرئية (V-530 UV/VIS spectrophotometer – Jusco) في كلية الصيدلة-جامعة مصراتة.

تحضير تخفيفات من الجزيئات النانوية الفضية

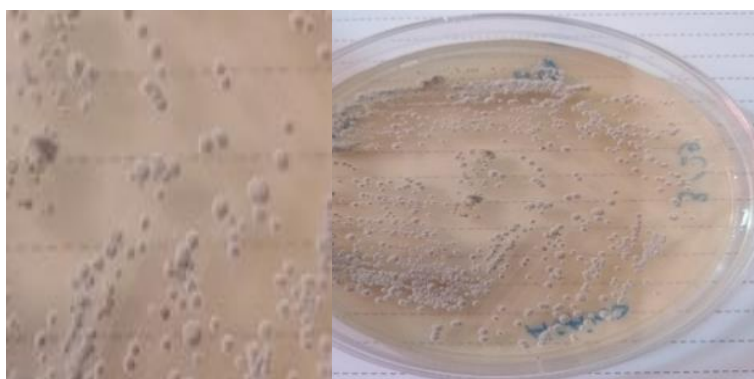
بعد تعقيم محلول الجزيئات النانوية الفضية وذلك عن طريق ترشيحه باستخدام وحدة الترشيح الدقيق 0.2 ملم، حضرت منه التركيزات التالية: 100، 50، 35، 25% لغرض استخدامها لتحديد تأثيرها على بعض الأنواع البكتيرية الممرضة (عبود وآخرون، 2017).

الفعالية التثبيطية للجزيئات النانوية الفضية

تم تقييم النشاط التثبيطي للجزيئات النانوية الفضية ضد أنواع من البكتيريا الموجبة والسالبة لصبغة جرام المحجوب، استخدمت طريقة انتشار الحفر حيث تم تعديل تركيزات المعلقات البكتيرية إلى 0.5 مكفرلاند القياسي وتم نشرها على وسط مولر هنتون أجار بواسطة ماسحة قطنية وتركت لمدة 10 دقائق ثم عملت حفر بقطر 6 ملم على سطح الوسط باستخدام الثاقب الفليني المعقم بواقع 5 حفر وضعت فيها التراكيز المختلفة لمحلول الجزيئات النانوية الفضية المحضرة بواقع 50 ميكروليتر إضافة إلى الشاهد (ماء مقطر معقم)، حضنت الأطباق جميعها لمدة 24 ساعة عند درجة 37⁰م، بعد ذلك تم قياس منطقة التثبيط حول الحفر بالملليمتر باستخدام المسطرة (Prakashan *et al*, 2014).

النتائج والمناقشة:

عزلت 4 عزلات نقية من الأكتينوميسيتات من عينات تربة المنطقة الصناعية قصر أحمد بمدينة مصراتة، اعطيت لها الرموز التالية: Act1، Act2، Act3، Act4، اختيرت هذه العزلات على أساس الصفات المظهرية لمستعمراتها (شكل 1) والتي تميزت ببطء نموها ومظهرها الجلدي أو الطباشيري المتماسك، التصاقها على سطح الوسط الغذائي وألوانها المميزة التي تنوعت ما بين اللون الأبيض، الرمادي والوردي (جدول 1).



شكل (1): مستعمرات عزلة نقية من الأكتينوميسيتات على وسط أجار النشأ والكازين.

جدول(1): الصفات المزرعية لعزلات الأكتينوميستيات على وسط أجار النشأ والكازين.

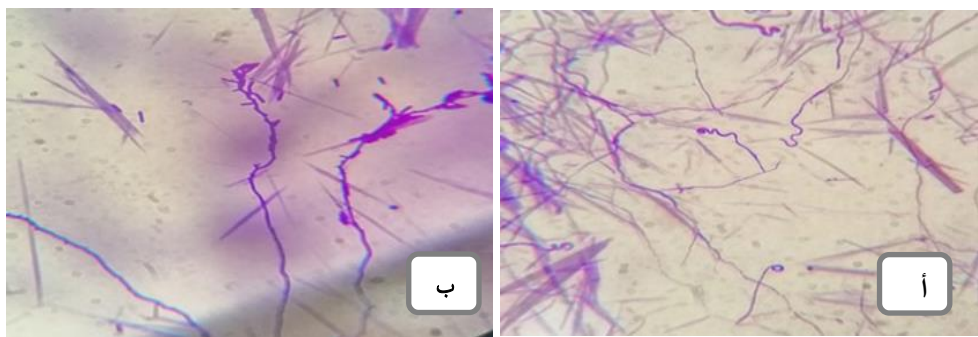
رمز	الصفات المزرعية	
العزلات	لون الميسيليوم الهوائي	لون الميسيليوم الخضري
Act1	أبيض رمادي	أبيض مصفر
Act2	وردي	أحمر
Act3	رمادي غامق	رمادي مصفر
Act4	أبيض	بني محمر

بينت نتائج الفحص المجهرى (جدول 2) أن 3 عزلات من الأكتينوميستيات رمز لها ب Act1، Act2، Act3 توافقت من الناحية المظهرية مع جنس *Streptomyces* الموصوف في مرجع (Holt et al., 1994)، حيث تميز بتكوينه لميسيليوم خضري متفرع غير قابل لتجزئ وميسيليوم هوائي يحمل سلاسل من الجراثيم الكونيدية حلزونية الشكل (شكل 2-أ)، أما العزلة Act4 توافقت من الناحية المظهرية مع جنس *Nocardia* الموصوف أيضا في مرجع (Holt et al., 1994) والذي تميز بوجود ميسيليوم هوائي وخضري متفرع متجزئ إلى قطع أو خلايا صغيرة عصبية الشكل (شكل 2-ب).

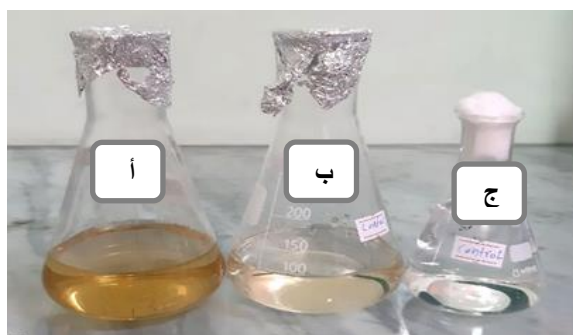
أظهرت نتائج تكوين الجزيئات النانوية الفضية لعزلات الأكتينوميستيات التي لوحظت من خلال تغير لون الراشح من اللون الأصفر الشاحب إلى اللون البني (شكل 3) أن عزلتين من الأكتينوميستيات (*Streptomyces sp.* Act3 و *Nocardia sp.* Act4) تميزت بتكوينها للجزيئات النانوية الفضية أما باقي العزلات فلم يلاحظ فيها حدوث هذا التغير اللوني.

جدول (2): الصفات المظهرية لعزلات الأكتينوميستيات باستخدام تقنية مزرعة غطاء الشريحة المائية.

رمز العزلة	الصفات المظهرية	الجنس
Act1	ميسيليوم خضري متفرع، ميسلسيوم هوائي يحمل سلاسل من الجراثيم الكونيدية حلزونية الشكل.	<i>Streptomyces sp.</i>
Act2	ميسيليوم خضري متفرع، ميسلسيوم هوائي يحمل سلاسل من الجراثيم الكونيدية حلزونية الشكل.	<i>Streptomyces sp.</i>
Act3	ميسيليوم خضري متفرع، ميسلسيوم هوائي يحمل سلاسل من الجراثيم الكونيدية حلزونية خطافيه الشكل.	<i>Streptomyces sp.</i>
Act4	الميسيليوم قابل لتجزئ إلى خلايا عصبية الشكل.	<i>Nocardia sp.</i>



شكل(2-أ): الشكل المظهري لجنس *Streptomyces* sp. Act3. شكل (2-ب): الشكل المظهري لجنس *Nocardia* sp. Act4 باستخدام المجهر الضوئي تحت قوة تكبير X100.

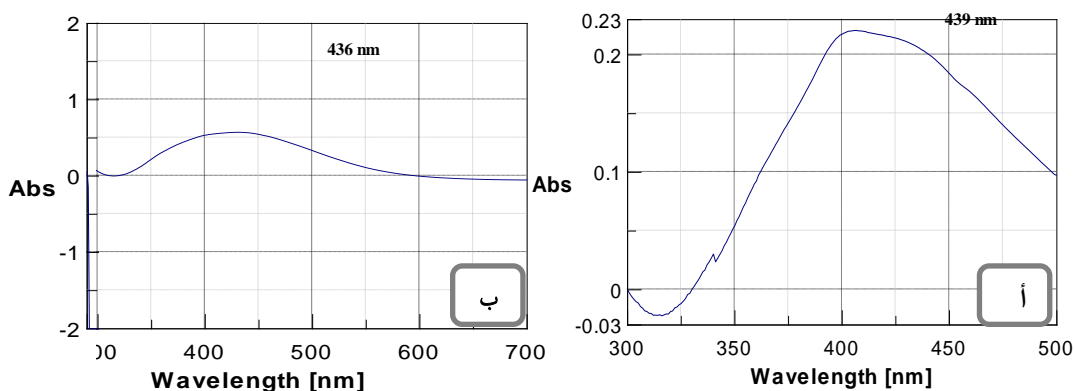


شكل(3): التغير اللوني لراشح الكتلة الحيوية للأكتينومييسيتات المضاف إليها محلول نترات الفضة (أ)، راسح الكتلة الحيوية للأكتينومييسيتات بدون إضافة نترات الفضة (ب)، نترات الفضة (ج).

تغير لون الراشح من اللون الأصفر الشاحب إلى اللون البني بعد إضافة نترات الفضة يعتبر دليل على إنتاج الجزيئات النانوية الفضية، حيث أن إفراز المواد الأيضية إلى الوسط الزراعي والمحتوي على الفضة تعمل على اختزال أيونات الفضة وتحدث هذه العملية نتيجة لإفراز الأكتينومييسيتات إنزيم من ضمن هذه المواد الأيضية يعرف بـ Nitrate reductase الذي يعمل على اختزال أيونات الفضة إلى جزيئات نانوية فضية، هذه الجزيئات تكتسب اللون البني نتيجة لإثارة سطح البلازمون الناتجة أساساً من اهتزاز مجاميع توصيل الإلكترون في الجزيئات النانوية الفضية (عبود وآخرون، 2017؛ Saminathan, 2015).

لوحظ تكوين الجزيئات النانوية الفضية من خلال طيف امتصاص الأشعة فوق البنفسجية والمرئية باستخدام جهاز V-530 UV/VIS spectrophotometer، حيث أظهرت نتائج هذه الدراسة قدرة

الأكتينوميسيتات على إنتاج هذه الجزيئات ضمن مدى 200-700 نانومتر والتي تعد من إحدى التقنيات المهمة للكشف عن هذه الجزيئات، لوحظ أن قمة الامتصاص عند استخدام راشح *Streptomyces sp. Act3* ظهرت عند طول موجي 439 نانومتر أما راشح *Nocardia sp. Act4* فقد ظهرت عند طول موجي 436 نانومتر (شكل 4)، ترجع الزيادة في شدة الامتصاص إلى زيادة عدد الجزيئات النانوية التي تكونت نتيجة لخفض أيونات الفضة الموجودة في المحلول المائي والتي اختزلت بواسطة نواتج الأيض الخارجية للأكتينوميسيتات، وتعد هذه القيم دليل على إنتاج الجزيئات النانوية الفضية كما هو موضح من قبل (Abdeen *et al.*, 2014 ؛ Kamel *et al.*, 2016).



شكل(4): طيف امتصاص الاشعة فوق البنفسجية والمرئية: راشح *Streptomyces sp. Act3* ظهرت عند طول موجي 439 نانومتر (أ)، راشح *Nocardia sp. Act4* ظهرت عند طول موجي 436 نانومتر (ب).

بينت نتائج الفعالية التثبيطة للجزيئات النانوية الفضية أن الجزيئات النانوية الفضية المنتجة من *Streptomyces sp. Act3* كانت فعالة ضد كل من بكتيريا *E. coli*، *Klebsiella sp.*، *Staph. aureus* (جدول 3)، حيث بلغ قطر منطقة التثبيط 12، 11، 11 ملم على التوالي عند تركيز 100%، وعند التركيز 50% بلغ قطر التثبيط 10، 9، 10 ملم على التوالي، أما عند تركيز 35% بلغ قطر التثبيط 9، 8، 10 ملم على التوالي وعند التركيز 25% بلغ قطر التثبيط 10 ملم ضد *Staph. aureus*، أما ضد *E. coli* و *Klebsiella sp.* فلم تعطي أي فعالية تثبيطية، أما بالنسبة للجزيئات النانوية الفضية المنتجة من جنس *Nocardia sp. Act4* (جدول 4)، فقد اظهرت تأثير ضد كل من

بكتيريا *Staph. aureus* و *E. coli* حيث بلغ قطر منطقة التثبيط 8، 10 ملم على التوالي عند تركيز 100%، وعند تركيز 50% بلغ قطر التثبيط 7، 10 ملم على التوالي، أما عند التركيز 35% بلغ قطر منطقة التثبيط 9 ملم ضد *E. coli* أما ضد *Staph. aureus* فلم تعطي أي فعالية تثبيطية، أيضاً لم تظهر أي فعالية تثبيطية ضد البكتيريا عند تركيز 25%، من ناحية أخرى لم تعطي الجزيئات النانوية الفضية لجنس *Nocardia sp. Act4* أي تأثير فعال ضد بكتيريا *Klebsiella sp.* (شكل 5).

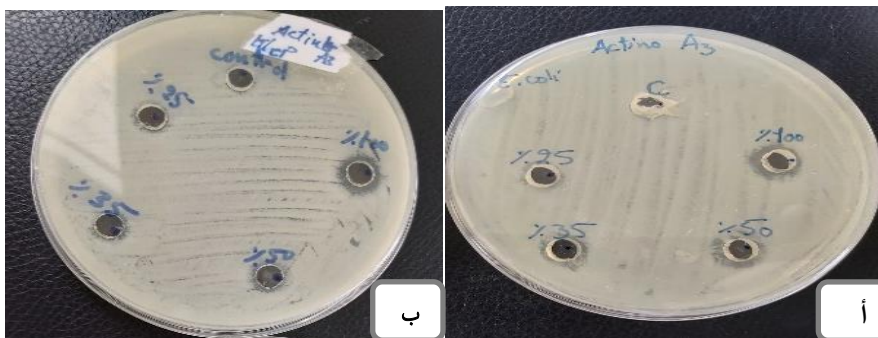
جدول(3): الفعالية التثبيطية لجزيئات الفضة النانوية المنتجة بواسطة *Streptomyces Act3 sp.* بتراكيز مختلفة على البكتيريا المختبرة.

تركيز الجزيئات النانوية المنتجة من <i>Streptomyces Act3 sp.</i> %	قطر منطقة التثبيط ضد <i>Klebsiella sp.</i>	قطر منطقة التثبيط ضد <i>Staph. aureus</i>	قطر منطقة التثبيط ضد <i>E. coli</i>
100	11 ملم	11 ملم	12 ملم
50	9 ملم	10 ملم	10 ملم
35	8 ملم	10 ملم	9 ملم
25	-	10 ملم	-

جدول(4): الفعالية التثبيطية لجزيئات الفضة النانوية المنتجة بواسطة *Nocardia sp. Act4* بتراكيز مختلفة على البكتيريا المختبرة.

تركيز الجزيئات النانوية المنتجة من <i>Nocardia sp. Act4</i> %	قطر منطقة التثبيط ضد <i>Klebsiella sp.</i>	قطر منطقة التثبيط ضد <i>Staph. aureus</i>	قطر منطقة التثبيط ضد <i>E. coli</i>
100	11 ملم	11 ملم	12 ملم
50	9 ملم	10 ملم	10 ملم
35	8 ملم	10 ملم	9 ملم
25	-	10 ملم	-

10 ملم	8 ملم	-	100
10 ملم	7 ملم	-	50
9 ملم	-	-	35
-	-	-	25



شكل(5): الفعالية التثبيطية للجزيئات النانوية الفضية المنتجة باستخدام *Streptomyces sp. Act3* ضد بكتيريا *E. coli* (أ)، ضد بكتيريا *Klebsiella sp.* (ب).

من النتائج تبين أن الجزيئات النانوية الفضية المنتجة من جنس *Streptomyces sp. Act3* اعطت فعالية تثبيطية ضد كل من البكتيريا المختبرة الموجبة والسالبة لصبغة جرام، اتفقت هذه النتائج مع دراسة (Al-Hulu, 2017) التي بينت أن الجزيئات النانوية الفضية المنتجة من العزلة *Streptomyces sp.4* كانت ذات فعالية تثبيطية ضد العديد من الأنواع البكتيرية المختبرة مثل *E. coli* و *Staph. aureus* حيث بلغ قطر منطقة التثبيط 14، 11 ملم على التوالي و التي تقاربت مع نتائج هذه الدراسة، من ناحية أخرى أظهرت نتائج دراسة (Kamel et al., 2016) أن عزلتين من جنس *Streptomyces spp.* و المعزولتين من تربة ريزوسفير نباتات بمناطق مختلفة من مصر، كانتا ذات قدرة على إنتاج الجزيئات النانوية الفضية، حيث اعطت العزلة *Streptomycesgraminofaciens-13* فعالية تضادية ضد *E. coli*، *Klebsiella sp.* و *Staph. aureus* وبلغ قطر منطقة التثبيط 19، 18، 17 ملم على التوالي، في حين بلغ قطر منطقة التثبيط للجزيئات النانوية الفضية للعزلة *Streptomyces catenulae-24*، 19، 18، 18 ملم على التوالي، والتي كانت ذات فعالية تضادية أعلى مقارنة بنتائج هذه الدراسة.

إن الفعالية التثبيطية للجزيئات النانوية الفضية قد ترجع لامتلاكها لعدة آليات منها صغر حجم الجزيئات النانوية الفضية ومساحتها السطحية الكبيرة فكلما صغر حجم الجزيئات النانوية الفضية تجمعت بأعداد أكبر على سطح الخلايا مؤدية إلى زيادة سميتها للكائنات الحية الدقيقة مما يؤثر على نفاذية الغشاء البلازمي وبالتالي موتها (Lin *et al.*, 2014)، حيث أن الآلية التي يتم فيها تفاعل الجزيئات النانوية الفضية مع الخلايا الكائنات الدقيقة هي أن الكائنات الدقيقة تحمل شحنة سالبة بينما الأكاسيد المعدنية النانوية تحمل شحنة موجبة مما يخلق تجاذب كهرومغناطيسي بين الكائن الدقيق وسطح الجزيئات وأن الجزيئات النانوية تطلق الأيونات التي تتفاعل مع مجموعة الثايول (-SH) للبروتينات الناقلة للمواد الغذائية التي تبرز من غشاء الخلية الميكروبية مما يخفض نفاذية الغشاء وبالتالي موت الخلية. (Prakashan *et al.*, 2014)، أيضا من الآليات الأخرى لتأثير التثبيط للجزيئات النانوية الفضية هي توليد أنواع من الأكسجين التفاعلية التي تعمل مباشرة على الحمض النووي للكائنات الحية الدقيقة وتمنع نموها (Evelyne and Subbiayh, 2014)، أيضا تهاجم الجزيئات النانوية الفضية سطح غشاء الخلية وتعطل وظائف التنفس في الخلية أو تتداخل مع مكونات نظام النقل الإلكتروني للبكتيريا (Percival *et al.*, 2005).

الاستنتاج:

تعتبر الأكتينوميستات مصدر مهم لإنتاج الجزيئات النانوية الفضية، وأن الجزيئات النانوية الفضية المنتجة من الأكتينوميستات وتحديدًا جنس *Streptomyces sp.* تمتلك تأثير تثبيطي ضد الأنواع البكتيرية الممرضة المختبرة والتي يمكن استخدامها من الناحية الطبية لعلاج العديد من الأمراض وخصوصًا مع ازدياد مقاومة البكتيريا للعديد من المضادات الحيوية المستخدمة.

المراجع:

- عبود، حسين عبد الرزاق، بندر، خليل إبراهيم. وزين العابدين، صلاح سليمان. (2017). تأثير دقائق الفضة النانوية المحضرة باستخدام أنواع من الستربتومايسس على بعض البكتيريا الممرضة، مجلة تكريت للعلوم الصرفة.

26-17 : (3)22.

- Abdeen, S., Geo, S., Praseetha, P. & Dhanya, R. (2014). Biosynthesis of silver nanoparticles from actinomycetes for therapeutic applications, International Journal of Nano Dimension. 5(2): 155-162.
- Abd-Elnaby, M. H., Abo-Elala, M. G., Abdel-Raouf, M. U., Hamed, M. M. (2016). Antibacterial and anticancer of activity of extracellular

- synthesized silver nanoparticles from marine *Streptomyces rochei* MHM13. Egyptian Journal of Aquatic Research. 42: 301-312.
- Al-Dhabi, A. N., Ghilan, M. A., Arasu, V. M. (2018). Characterization of silver nanomaterials derived from marine *Streptomyces* sp. Al-Dhabi-87 and it's in vitro application against multidrug resistant and extended-spectrum Beta-lactamase clinical pathogen. Nanomaterials. 8: 2-13.
 - Al-Hulu, M. S. (2017). Detection on silver nanoparticles production by *Streptomyces* spp. Isolation from soil samples in Hilla city. International Journal of Chem Tech Research. 10(3): 577-582.
 - Evelyne, J. & Subbiayh, R. (2014). Biosynthesis of silver nanoparticles from *Streptomyces olivaceous* and its antimicrobial activity. International Journal of Pharma Research and Health Sciences. 2(2): 166-172.
 - Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, H. A., Staley, J. T., Williams, S. T. (1994). Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 9th ed. Baltimore, Williams & Wilkins, USA pp: 605-618.
 - Kamel, Z., Saleh, M. & El-Namoury, N. (2016). Biosynthesis, Characterization, and antimicrobial activity of silver nanoparticles from actinomycetes. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 7(1): 119-127.
 - Lima, D. L., Phadke, M. (2017). Bioremediation of silver from waste using actinomycetes. IOSR Journal of Environmental Sciences, Toxicology and Food Technology. 11(1): 01-06.
 - Lin, X., Li, J., Liu, G., Yang, K. (2014). Toxicity of TiO₂ nanoparticles to *Escherchia coli*: effects of particle size, crystal phase and water chemistry. PLOS ONE. 9(10): 110247.
 - Neveen, K. S. H., Kumar, G., Karthin, L., Rao, K. V. B. (2010). Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles using the filamentous fungus *Penicillium* spp. Archives of applied Science Research. 2: 161-167.
 - Okafor, F., Janen, A., Kukhtareva, T., Edward, V., Curley, M. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles, their characterization, application and antibacterial activity. International Journal of Environmental Research and Public Health. 10: 5221-5238.

- Percival, S., Bowler, P. & Russell, D. (2005). Bacterial resistance to silver in wound care. *Journal of Hospital Infection*. 60(1): 1-7.
- Prakasham, R., Sudheer-Kumar, B., Sudheer-Kumar, Y. & Prasanth-Kumar, K. (2014). Production and characterization of protein encapsulated silver nanoparticles by marine isolate *Streptomyces parvulus* SSNP11. *Indian Journal Microbiology*. 54(3): 329-336.
- Rai, K., Khadka., S., Sherstha, B. (2018). Actinomycetes: Isolation, characterization for antimicrobial activity form different sites of Chitwan, Nepal. *International Journal of Microbiology and Biotechnology*. 3(1): 25-30.
- Saadoun, I., Ananbeh, H., Ababneh, Q., Jaradat, Z. (2017). Comparative distribution of soil *Streptomyces* flora in different Jordanian habitats and their enzymatic and antibiotic activates. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological (RJPBCS) and Chemical Sciences*. 8(2): 1285-1297.
- Saminathan, K. (2015). Biosynthesis of silver nanoparticles using soil Actinomycetes *Streptomyces* sp., *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 4(3): 1073-1083.
- Selvakumar, P., Viveka, S., Prakash, S., Jasminebeaula, S. & Uloganathan, R. (2012). Antimicrobial activity of extracellularly synthesized silver nanoparticles from marine derived *Streptomyces Rochel*. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 3(3): 188-197.
- Silva-Vinhote, N., Caballero, N., Silva, T., Quelemes, P., Araujo, A., Moraes, A., Camara, A., Longo, J., Azevedo, R., Silva, D., Leite, J. & Teixeira, M. (2017). Extracellular biogenic synthesis of silver nanoparticles by Actinomycetes from amazonic biome and its antimicrobial efficiency. *African Journal of Biotechnology*. 16(43): 2072-2082.